

---

**UNIVERSITI SAINS MALAYSIA**

First Semester Examination  
2013/2014 Academic Session

December 2013 / January 2014

**EEK 464 – HIGH VOLTAGE SYSTEM**  
***[SISTEM VOLTAN TINGGI]***

Duration 3 hours  
*[Masa : 3 jam]*

---

Please check that this examination paper consists of **ELEVEN (11)** pages of printed material before you begin the examination.

*[Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi **SEBELAS (11)** muka surat muka surat bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan ini]*

**Instructions:** This question paper consists **SIX (6)** questions. Answer **FIVE (5)** questions. All questions carry the same marks.

**[Arahan:** Kertas soalan ini mengandungi **ENAM (6)** soalan. Jawab **LIMA (5)** soalan. Semua soalan membawa jumlah markah yang sama]

Answer to any question must start on a new page.

*[Mulakan jawapan anda untuk setiap soalan pada muka surat yang baru]*

“In the event of any discrepancies, the English version shall be used”.

***[Sekiranya terdapat sebarang percanggahan pada soalan peperiksaan, versi Bahasa Inggeris hendaklah diguna pakai]***

1. (a) Secara am, medan elektrik di antara dua elektrod boleh jadi medan seragam dan tak seragam. Terangkan apakah makna bagi bentuk medan elektrik seragam dan tak seragam?

*In general, the electric fields between two electrodes can be uniform and non-uniform field. Explain the meaning of uniform and non-uniform electric field?*

(25 markah/marks)

- (b) Terangkan apa yang dimaksudkan dengan terma-terma berikut

*Explain what is meant by the following terms.*

- (i) Pengionan

*Ionization*

- (ii) NyahCaj

*Partial Discharge*

- (iii) Voltan Pecah Tebat

*Breakdown Voltage*

- (iv) NyahCaj Korona

*Corona Discharge*

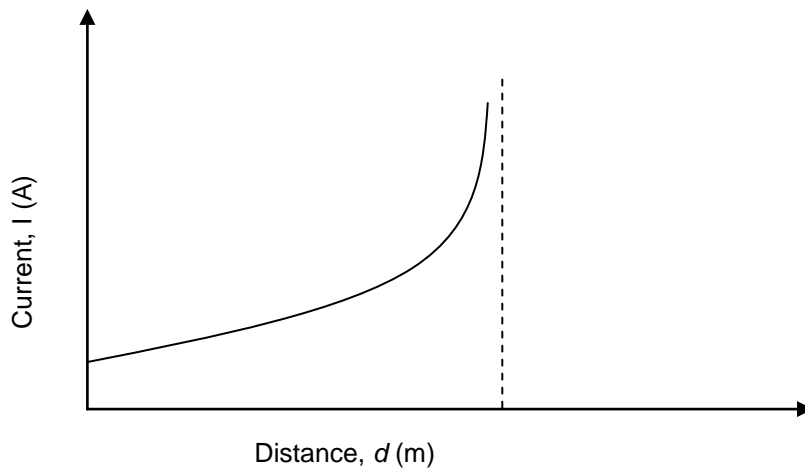
- (v) Pengkali pengionan

*Ionization coefficient*

(25 markah/marks)

- (c) Eksperimen menggunakan elektrod satah-satah telah dijalankan terhadap gas tertentu. Keputusan jenis Townsend terhadap arus dengan jarak  $d$  telah diplotkan seperti ditunjukkan di Rajah 1.

*An experiment has been performed in a certain gas using the plane-plane electrodes. The result of Townsend type plot of current versus distance,  $d$  is shown in Figure 1.*



Rajah 1  
Figure 1

- (i) Terangkan bagaimana pekali pengionan pertama Townsend  $\alpha$  ditentukan?

*Explain how can the Townsend's first ionization coefficient  $\alpha$  be determined?*

(10 markah/marks)

- (ii) Daripada eksperimen tersebut, didapati arus keadaan kestabilan adalah  $2.7 \times 10^{-8}$  A pada voltan 10 kV dan jarak antara elektrod adalah 0.005m. Dengan kekalkan malar medan elektrik dan penambahan jarak kepada 0.01m telah menunjukkan arus sebanyak  $2.7 \times 10^{-7}$  A, Hitungkan pekali pengionan pertama Townsend  $\alpha$

*From the experiment, it was found that the steady state (initial) current is  $2.7 \times 10^{-8}$  A at a voltage of 10 kV and a distance of 0.005m between the electrodes. Keeping the electric field constant and increasing the distance to 0.01 m results in a current of  $2.7 \times 10^{-7}$  A. Calculate the Townsend's first ionization coefficient,  $\alpha$ .*

(10 markah/marks)

- (iii) Terangkan apakah ciri pecah tebat Townsend?

*Explain what is the criterion of Townsend's breakdown?*

(10 markah/marks)

- (iv) Ciri streamer dikatakan berlaku antara elektrod di jarak tertentu di dalam gas. Dengan menggunakan pekali pengionan yang dihitungkan di c(ii), hitungkan jarak sela elektrod berdasarkan ciri streamer dan terangkan bagaimana streamer berlaku.

*The streamer criterion is said to be occurred in this gas between the electrodes at certain gap distance. With the first ionization coefficient obtained in c(ii), calculate the gap distance of the electrodes that initiates the streamer criterion and briefly explain how the streamer could occur.*

(20 markah/marks)

2. (a) Dalam suatu ujikaji untuk menentukan kekuatan keruntuhan bagi minyak pengubah, perkara berikut telah dibuat. Terbitkan rumusan matematik mengaitkan sela jarak dan voltan dikenakan pada minyak. Gunakan keputusan ujikaji dalam **Jadual 1** untuk menentukan kekuatan keruntuhan bagi minyak mengikut spesifikasi piawai.

*In an experiment for determining the breakdown strength of transformer oil, the following observation were made. Derive a mathematical formula to relate the gap spacing and the applied voltage of oil. Use the experiment result in **Table 1** to determine the breakdown strength of oil according to standard specifications.*

(40 markah/marks)

**Jadual 1** Keputusan ujikaji bagi keruntuhan voltan terhadap fungsi sela jarak

**Table 1** Experiment result of breakdown voltage as a function of gap spacing

Gap spacing (mm)	4	6	10	12
Breakdown voltage (kV)	90	140	210	255

- (b) Keruntuhan dalam cecair dielektrik bergantung kepada beberapa faktor. Nyatakan tiga faktor yang mempengaruhi keruntuhan dalam cecair dielektrik.

*Breakdown in liquids dielectric depends on several factors. Give three factors that influence the breakdown in liquid dielectric.*

(30 markah/marks)

- (c) Cecair dielektrik mempunyai ciri-ciri yang tertentu untuk mengekalkan prestasinya. Apakah ciri-ciri utama yang diperlukan untuk menentukan prestasi dielektrik bagi cecair dielektrik?

*Liquid dielectric should have certain characteristic to keep it performance. What are the main characteristics that are essential in determining the dielectric performance of liquid dielectrics?*

(30 markah/marks)

3. (a) Mekanisma pecah tebat hakiki adalah salah satu mekanisma pecah tebat di dalam bahan penebat pepejal. Terangkan definisi mekanisma pecah tebat dengan melukiskan rajah jalur aras tenaga.

*Intrinsic breakdown mechanism is one of the breakdown mechanism in solid material insulator. Explain the definition of breakdown mechanism with energy level band diagram*

(20 markah/marks)

- (b) Berikan dua jenis mekanisma pecah tebat hakiki

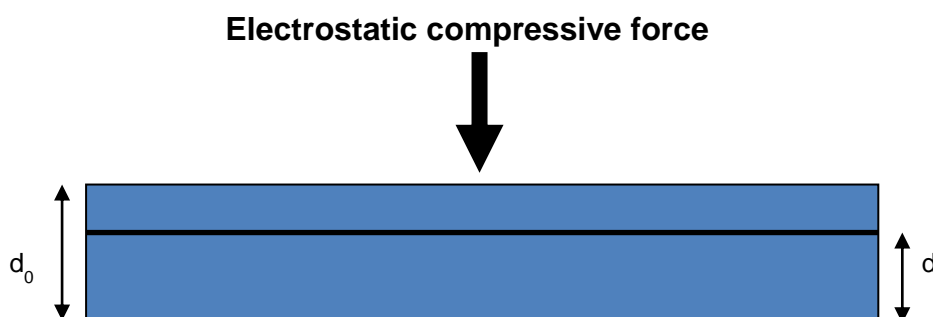
*Give two types of intrinsic breakdown mechanism*

(10 markah/ marks)

- (c) Dengan merujuk kepada Rajah 3(c), keluarkan Medan elektrik maksimum  $E_{max}$  sebelum mekanisma pecah tebat elektromekanikal berlaku di dalam penebat pepejal (Anggapkan  $Y$ ,  $\epsilon_r$  dan  $\epsilon_0$  adalah Young Modulus, kebertelusan nisbi dan keterbelusan vakum)

*Refer to Figure 3(c), derive the the maximum of Electrical Field  $E_{max}$  before the electromechanical breakdown occurs in this solid insulator. (Assume  $Y$ ,  $\epsilon_r$  and  $\epsilon_0$  are young modulus, relative permittivity and vacuum permittivity, respectively)*

(20 markah/marks)



Rajah 3(c)  
Figure 3(c)

- (d) Spesimen dielektrik pepejal dengan malar dielektrik 2.5 ditunjukkan di Rajah 3(d) di bawah. Spesimen tersebut mempunyai lompong setebal 1 mm dan disebabkan voltan 100 kVrms. Jika lompong dipenuhi dengan udara dan jika kekuatan pecah tebat udara adalah 27 kV(peak)/cm,

*A solid dielectric specimen of dielectric constant 2.5 shown in the Figure 3(d) below has an internal void of thickness 1mm. The specimen is 1 cm thick and is subjected to a voltage of 100 kVrms. If the void is filled with air and if the breakdown strength of air can be taken as 27 kV (peak)/cm,*

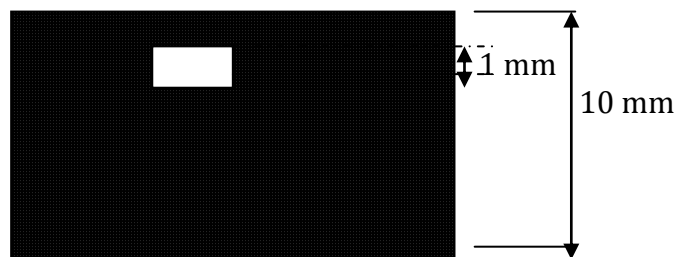
- (i) Hitungkan voltan di mana berlakunya nyahcas dalaman

*Calculate the voltage at which an internal discharge can occur.*  
(20 markah/marks)

- (ii) Lukiskan litar setara untuk specimen tersebut

*Draw the equivalent circuit of the specimen.*  
(30 markah/marks)

*(Noted that  $\epsilon_0 = 8.89 \times 10^{-12} \text{ F/m}$ )*



**Figure 3(d) :** Solid dielectric specimen with the internal void

4. Dalam satu eksperimen voltan tinggi di makmal, litar pengganda voltan Cockroft-walton telah digunakan. Ia mempunyai sepuluh peringkat dengan kapasitans, semua bernilai  $0.05 \mu\text{F}$ . Voltan utama bekalan pengubah ialah 240 volt pada frekuensi 150 Hz dan nisbah pengubah adalah 1: 2. Jika arus beban dibekalkan ialah 10 mA.

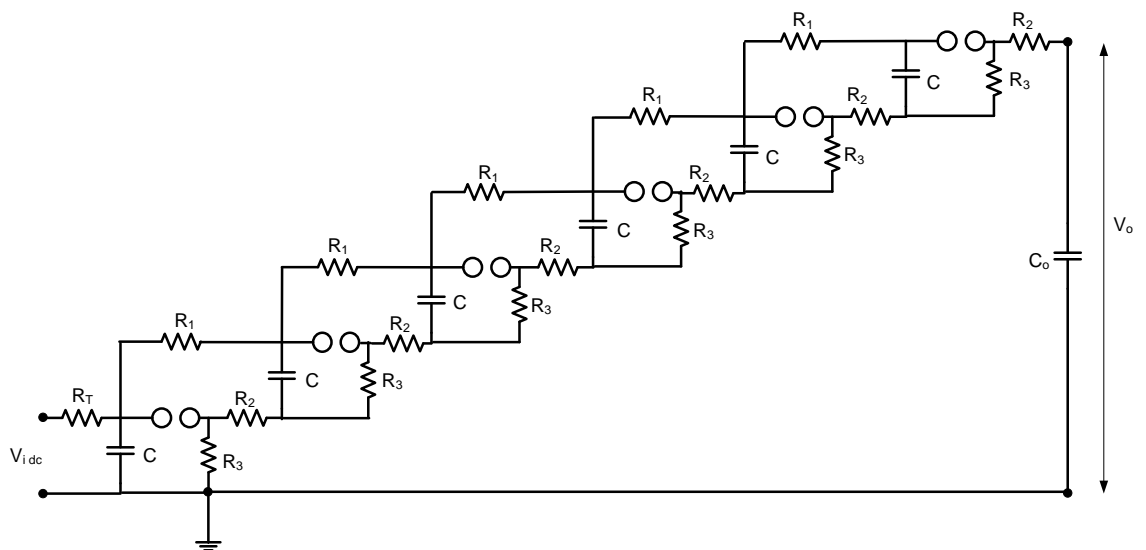
*A Cockroft-walton voltage multiplier circuit. A high voltage experiment at laboratory. It has ten stages with capacitances, all equal to  $0.05 \mu\text{F}$ . The primary voltage of supply transformer of 240 volt at frequency of 150 Hz and transformer ratio is 1 : 2. If the load current to be supplied is 10 mA.*

- (i) Lukiskan Cockroft-walton litar pengganda voltan sepenuhnya.  
*Draw the Cockroft-walton voltage multiplier circuit completely.*  
(25 markah/marks)
- (ii) Tentukan jumlah kejatuhan voltan litar itu.  
*Determine total voltage drop of that circuit.*  
(25 markah/marks)
- (iii) Tentukan pengawalan voltan.  
*Determine voltage regulation.*  
(25 markah/marks)
- (iv) Tentukan bilangan optimum peringkat untuk pengawalan minimum.  
*Determine the optimum number of stages for minimum regulation.*  
(25 markah/marks)



5. Litar penjana dedenyut multi peringkat seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 5. Ia mempunyai rintangan sumber input (caj perintang)  $R_T$  100  $\Omega$ , perintang pembentuk gelombang  $R_2$  360  $\Omega$  dan perintang pembentuk ekor gelombang  $R_3$  ialah 3000  $\Omega$ . Pemuat pembentuk gelombang dedenyut ialah 0.10  $\mu F$  dan terminal beban disambung dengan pemuat 1000 pF.

*Multistage impulse generation circuit is shown in Figure 5. It has input source resistance (charging resistors)  $R_T$  of 100  $\Omega$ , wave shaping resistors  $R_2$  is 360  $\Omega$  and tail shaping resistor  $R_3$  is 3000  $\Omega$ , respectively. The impulse generating capacitor is 0.10  $\mu F$  and the terminal load was connected a capacitor of 1000 pF.*



Rajah 5  
Figure 5

- (i) Tentukan berapa banyak peringkat litar dedenyut tersebut.  
*Determine how many stage of the impulse generator circuit.*

(25 markah/marks)

- (ii) Cari masa untuk gelombang dedenyut hadapan yang dihasilkan.  
*Find the time for front impulse wave produced.*

(25 markah/marks)

- (iii) Cari masa untuk ekor gelombang dedenyut yang dihasilkan.  
*Find the time for tail impulse wave produced.*

(25 markah/marks)

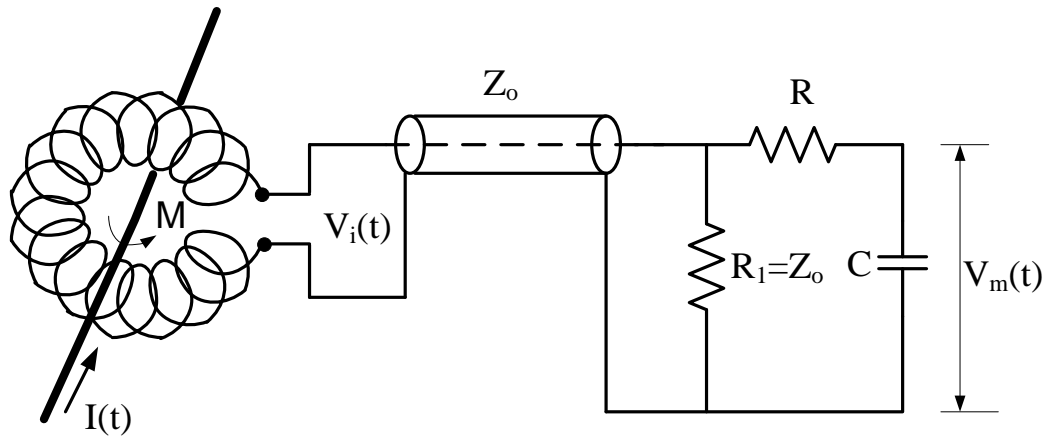
- (iv) Lukis gelombang dedenyut berdasarkan litar dengan menunjukkan masa depan dan ekor gelombang.

*Draw the impulse wave based on the circuit by showing front and tail times.*

(25 markah/marks)

6. Suatu litar gegelung Rogowski dirancang untuk mengukur dedenyut voltan tinggi, seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 6. Arus dedenyut yang diukur adalah 15 kA yang mempunyai kadar perubahan arus  $10^{10}$  Amp/saat. Arus dibaca oleh TVM sebagai suatu kejatuhan voltan pada litar integrasi yang bersambung kepada sekunder. Jika bacaan meter adalah 12 Volt untuk pesongan skala penuh, tentukan:

*A Rogowski coil circuit is designed to measure high voltage is current impulse, as shown in Figure 6. The impulse current measured is 15 kA and the rate of current change is  $10^{10}$  Amp/sec. The current is read by a TVM as a potential drop across the integrating circuit connected to the secondary. If the meter reading is 12 Volt for full-scale deflection, determine :*



Rajah 6  
Figure 6

- (i) nilai kearuhan bersama ( $M$ ).  
the value of mutual inductance ( $M$ ).

(30 markah/marks)

- (ii) nilai rintangan.  
the value of resistance.

(30 markah/marks)

- (iii) nilai kemuatan.  
the value of capacitance.

(40 markah/marks)